科技强国基础研究投入-产出-政策分析及其启示

田倩飞　张志强*　任晓亚　张 雪

1 中国科学院成都文献情报中心 成都 610041

2 中国科学院大学 经济与管理学院图书情报与档案管理系 北京 100190

摘要 基础研究是所有科学技术的理论和知识源头，是应用研究和试验开发的基础，在国家发展、技术进步中有着举足轻重的作用。文章以美、英、德、法、日五大科技强国为分析对象，以“投入-产出-政策”为分析框架，从科研投入强度尤其是基础研究投入强度的长时序趋势分析，到科研论文产出、科技领域国际权威奖项和诺贝尔科学奖等基础研究重大原创性成果产出情况，再到科技强国对基础研究的长期稳定支持政策与创新政策等进行比较研究。分析看出，科技强国都高度重视基础研究，其基础研究投入强度长期超过10%。高额的长期稳定基础研究投入，为基础研究重大产出奠定了基石。最后，文章针对我国加强基础研究、建设科技强国提出启示建议。

关键词 基础研究，科技强国，投入强度，科研产出，创新政策

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2019.12.010

曾主管美国战时科学研究发展局的主任万尼瓦尔·布什（Vannevar Bush）1945年在《科学：无止境的前沿》（*Science—the Endless Frontier*）报告中指出，基础研究是在没有考虑实际目的的情况下开展的，产生的结果是关于自然及其规律的一般知识和理解[1-3]。经济合作与发展组织（OECD）将基础研究定义为实验和理论研究工作，其主要目的是获得关于自然现象和观察事实背后的新知识，但事先并没有计划好的任何特定的应用和使用目的[4]。在人类近代以来的文明史上，基础研究的每次重大突破，都对科技进步产生了巨大的推动作用。人类历史上发生过的3次工业革命（本质上是重大技术革命）无一例外都源于基础研究的革命性突破（2次科学革命）所提供的知识理论[5]。纵观世界科技发展史，基础科学研究强国无一例外都是科技强国；没有强大的基础研究支撑，科技强国是不可能实现的[3]。

*通讯作者

资助项目：中国科学院战略研究与决策支持系统建设专项（GHJ-ZLZX-2019-43、GHJ-ZLZX-2019-31）

修改稿收到日期：2019年11月8日

近500年来，人类在近现代科学发展史上经历的2次科学革命，对推动人类文明进程产生了颠覆性、加速度的重大影响。2次科学革命的取得，是无数科学先辈接续奋斗、人类长期进行科学研究日积月累所积累的结果，而在科学进步的一些关键节点上少数科学精英发挥了至关重要的作用。科学史上每一项重大科学发现和突破都来之不易，这反映出基础科学突破的长期性积累效应和极端艰难特点。因此，基础科学研究绝不是可以急功近利、短期突击或者组织人海战术的特殊智力工作，需要科学精英分子的长期持续的不懈努力。

据中国科学技术信息研究所发布的历年《中国科技论文统计结果》，自2009年以来，我国国际科技论文（SCI收录）的年度产出数量一直位列世界第二位[6]。虽然论文产出与被引次数已位居世界前列，但在更新人类知识体系的重大基础研究领域，却没有取得多少重大科学发现性成果，对现代人类知识体系没有多少亮眼的贡献。很多科技领域关键技术受制于人，背后凸显的是重大原创性成果缺乏、世界科学顶尖人才与团队匮乏、投入不足且结构不合理等存在于基础科学研究领域的明显短板。加强基础研究是加快国家创新体系建设、提高我国自主创新能力的战略途径，是建设创新型国家的根本动力和源泉，是促使中国跻身世界科技强国的必然要求[7]。

科技强国不是一天建成的，必然是长期重视基础研究的科技政策导向、长期稳定的基础研究投入、长期基础研究的知识产出积累的结果。但相关严谨和深入的分析研究还比较缺乏。美、英、德、法、日等科技强国因其不同的政治、历史、文化、经济背景等，对基础研究的认识、政策、管理和投入等不尽一致、各具特色，但也有一些共同或相似点。本文以美、英、德、法、日五大科技强国为分析对象，以“投入-产出-政策”为分析框架，试图以较长的时间尺度开展分析，从科研投入强度尤其是基础研究投入强度的长时序统计分析，到科研论文产出、科技领域国际权威奖项和诺贝尔科学奖的获奖情况等产出统计分析，再到对其科技创新与基础研究的认识与科技政策演变等进行比较研究，最后为我国加强基础科学研究提出启示建议。

1 科技强国长时序研发投入趋势

科学研究与试验发展（R&D）是指国家进行科技投入的一系列活动，研发投入强度（即R&D投入占GDP比重）与基础研究投入强度（即基础研究投入占R&D投入比重）是衡量国家自主创新水平的重要指标[8,9]。基于联合国教科文组织在科学/技术与创新领域（UNESCO STI）的统计指标，以及OECD和各国官方统计数据集，梳理美、英、德、法、日这5个科技强国和中国长时序科研投入变化（特别是基础研究投入强度），对观察和明晰各国基础研究投入以及与我国态势比较并提供参考建议具有重要意义，有助于完善和优化我国研发投入决策与科技创新政策。

1.1 科技强国基础研究投入趋势分析

1.1.1 美国基础研究投入稳步上升，强度渐趋稳定

近70年来，美国基础研究投入经费逐年稳步上升，2017年达到922.3亿美元。R&D投入强度与基础研究投入强度同样呈增长状态（图1）。其中，基础研究投入强度从1953年小幅波动上升到1962年的11.69%；1962—1985年长期稳定在13%左右；1985年至今呈波动上升趋势，曾在2003年达到18.81%，逐渐稳定在17.5%左右。从美国基础研究投入强度10年移动平均来看，整体呈“不断上升—趋于稳定—波动上升”的趋势，且近30年来R&D投入强度与基础研究投入强度以基本一致的步调波动。

1.1.2 德、法两国基础研究投入小幅波动，强度显著居高

由于德国可获取数据有限，数据序列仅从1967—1979年，这一段时间内，其基础研究投入强度曾在1973年处于30%的极高比例。德、法两国R&D投入

强度不相上下，长期保持在 2%—3%，其中德国较有优势（图 2）。法国的基础研究投入经费持续上升，在 2015 年为 118.5 亿欧元（约 133.12 亿美元）；其基础研究投入强度在 1973—1992 年稳定在 21% 附近，之后波动增长，2015 年达到 23.77%，显著高于美国、日本和英国。

1.1.3 英国基础研究投入小幅波动，强度越加稳定

英国的基础研究经费从 2007 年以来总体呈上升趋势，2015 年为 52.88 亿英镑（约 68.97 亿美元）（图 3）。2000 年来英国的 R&D 投入强度基本稳定在 1.6% 上下，而基础研究投入强度则有小幅上升后回落至较为稳定的状态，即由 2007 年的 15.74% 增至 2010 年的 17.81% 后迅速回落，近几年稳定在 16% 左右。

1.1.4 日本基础研究投入激增后稳定，强度先跌后升

日本的基础研究投入经费在 1965—1995 年 30 余年

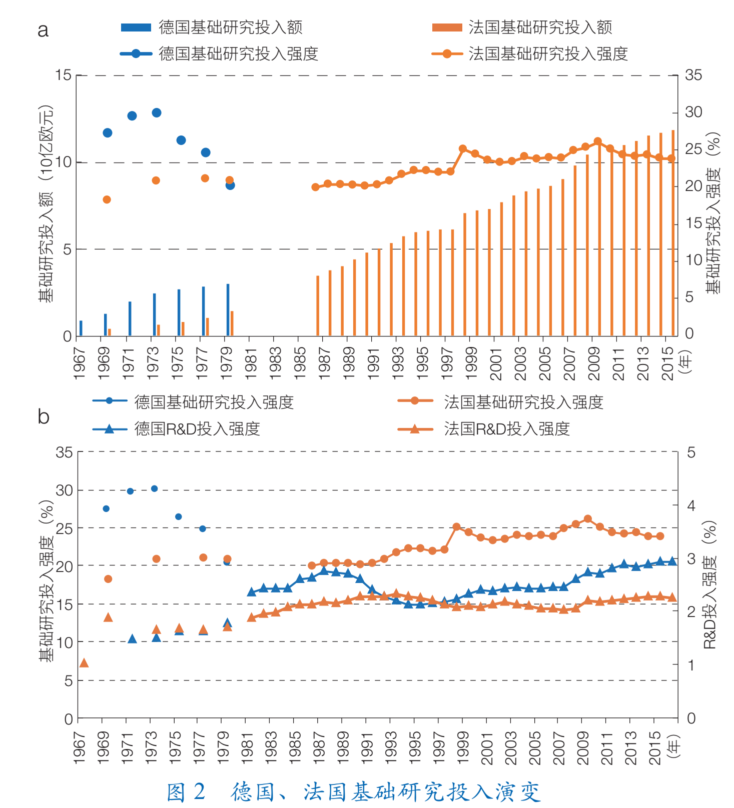


图 2 德国、法国基础研究投入演变

（a）基础研究投入额与基础研究投入强度；（b）基础研究投入强度与 R&D 投入强度；数据来源：OECD. Stat

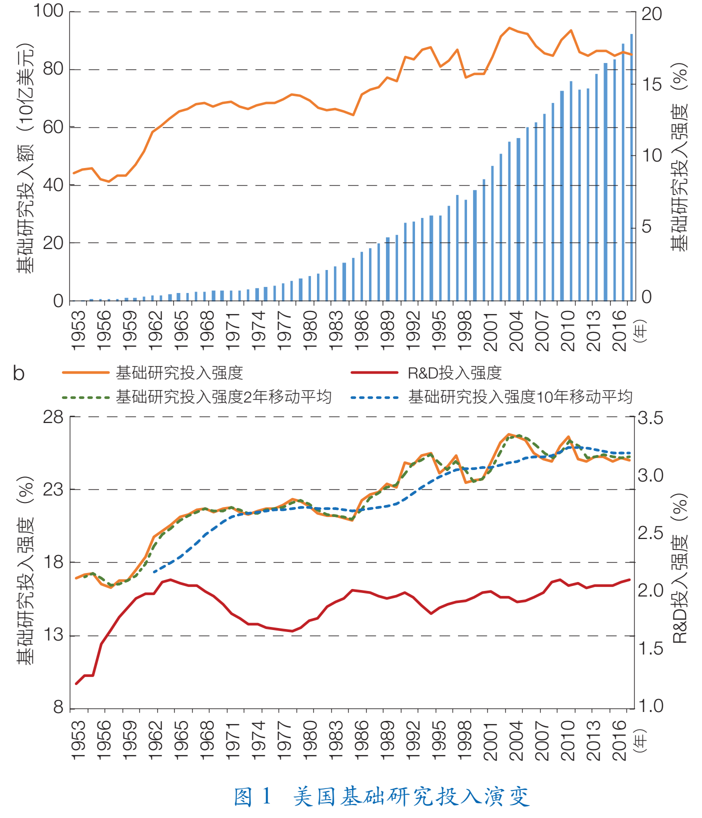


图 1 美国基础研究投入演变

（a）基础研究投入额与基础研究投入强度；（b）基础研究投入强度与 R&D 投入强度；数据来源：NSF 官网

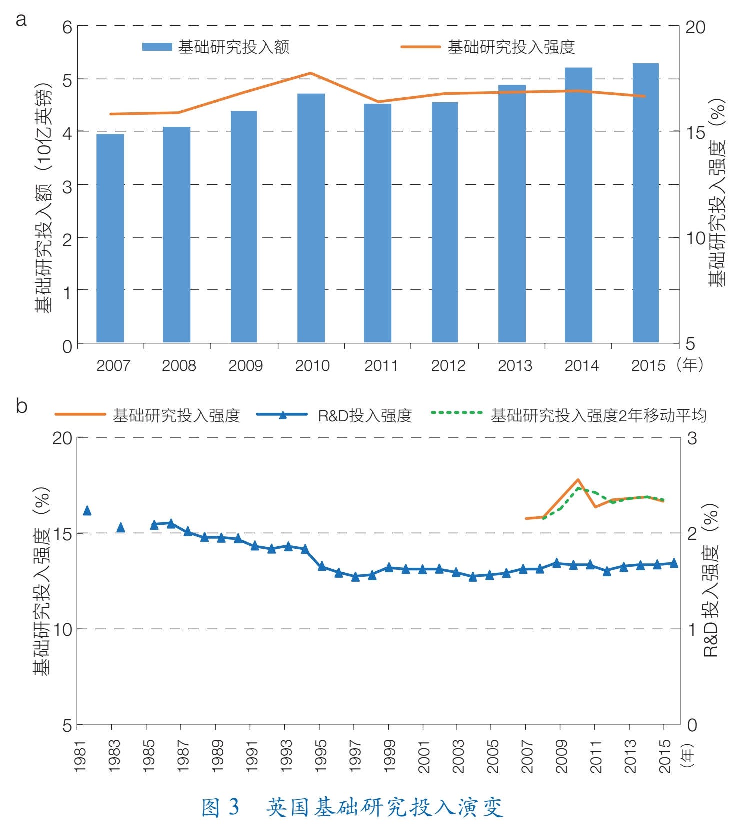


图 3 英国基础研究投入演变

（a）基础研究投入额与基础研究投入强度；（b）基础研究投入强度与 R&D 投入强度；数据来源：UNESCO STI

间从428.5亿日元快速上升至20 413.4亿日元，后缓慢波动上升至2016年的21 260.3亿日元（约合191.45亿美元）（图4）。基础研究投入强度在1967年急速下降，1968—1969年处于谷底（0.2%左右），但很快恢复增长，逐渐上升至稳定状态，在1978年达到峰值16.28%，1981年来稳定在12%左右。

1.2 中国与科技强国基础研究投入强度的比较

自我国研发经费统计工作于1991年开始以来，R&D投入经费逐年上升，2018年达19 678亿元人民币（约2 811亿美元）[10]，约为美国（5 529.8亿美元）的一半。除R&D投入绝对数量外，还需对比中国与科技强国的R&D投入强度、基础研究投入强度以及基础研究投入占GDP的比例，以直观认识我国科技研发投入在国际上的水平，定量了解我国对基础研究的支持情况。

1.2.1 中国与科技强国研发投入活动类型比较

各国研发投入活动类型各具特点（图5）：法国基础研究投入占其R&D投入的比例保持在20%以上，占比居五国前列；2016年美国和英国的基础研究投入占R&D投入的17%左右，显著高于日本（13%）和中国（5.25%）。我国的试验发展投入占R&D投入的比例居五国之首（84.48%），日本、美国分别以64.04%、63.27%的比例明显低于我国。总体来看，五国的研发投入活动类型中，应用研究与试验发展的投入比例均高于基础研究的投入比例；相较来说，法国、英国的研发投入活动类型分布较为平衡。

1.2.2 中国与科技强国基础研究投入强度演变比较

纵观各国基础研究投入强度（图6），德国、法国稳居高位（20%—30%），美国与英国数据相近（15%—20%），日本在经历个别年份较大波动后趋于稳定（10%—15%）。2017年和2018年我国基础研究投入强度均为5.5%[10,11]，与科技强国相比，差距立显，我国基础研究经费投入仍有大幅提升空间。重视基础研究的投入并持续稳定支持，是当下我国开展源头创新的重中之重的政策战略选择。

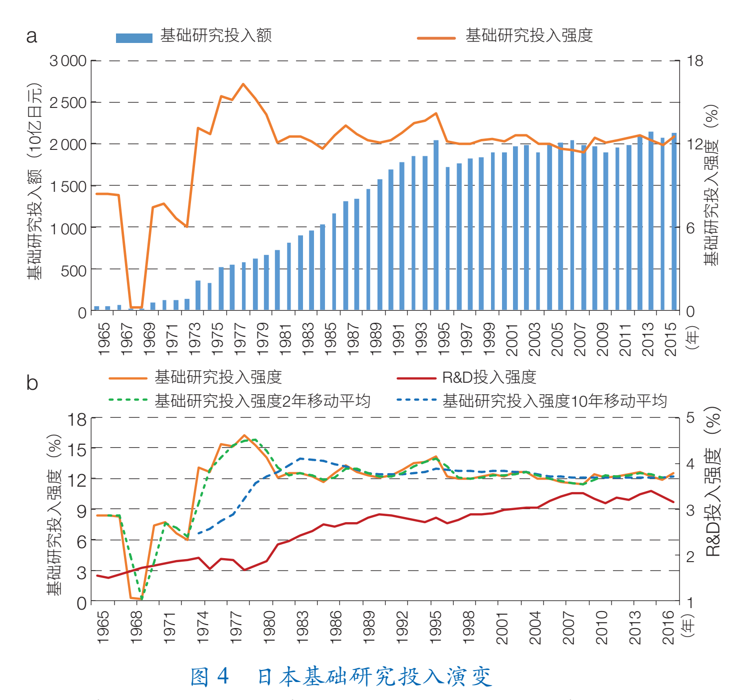


图4 日本基础研究投入演变

（a）基础研究投入额与基础研究投入强度；（b）基础研究投入强度与R&D投入强度；数据来源：www.stat.go.jp

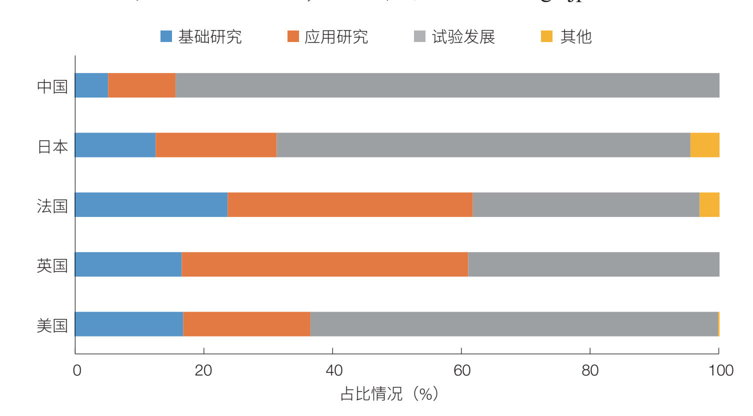


图5 中、日、法、英、美五国研发投入活动类型比较

数据来源：UNESCO STI（其中，美、中、日为2016年数据，英、法以2015年数据代替）

1.2.3 中国与科技强国基础研究投入占GDP比例的演变

基础研究投入占GDP的比例，可以更好地说明国家在经济发展过程中对基础研究的重视程度（图7）：自2000年起，法国基础研究投入占GDP的比例持续稳定在0.5%左右，显著高于其他科技强国和中国。美国总体呈波动上升趋势，1990年以后基本稳定在0.4%—0.5%。日本1965—1975年上升趋势显著，自1985年以来保持在0.3%—0.4%。2007年以来，英

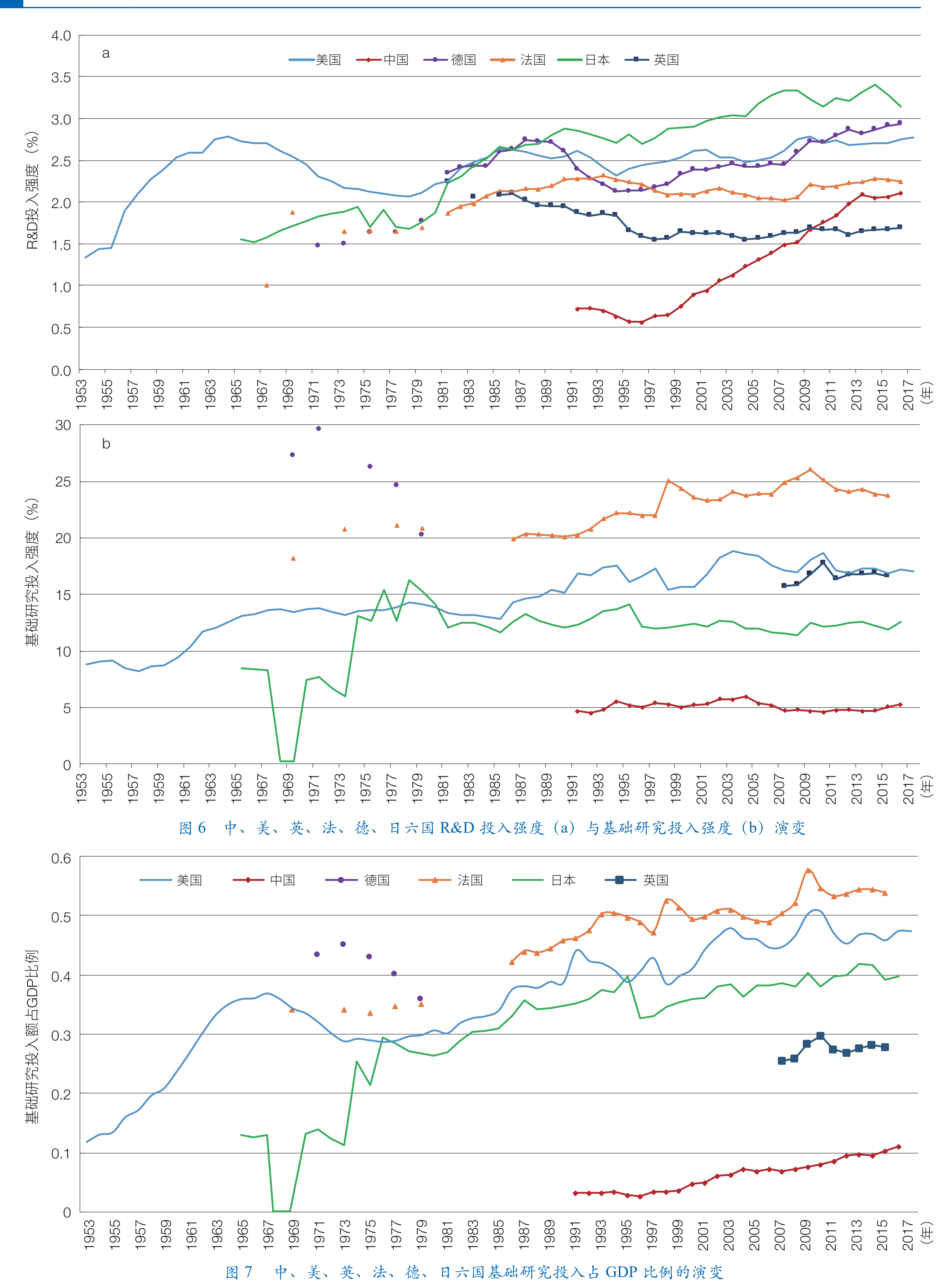


图 6　中、美、英、法、德、日六国 R&D 投入强度（a）与基础研究投入强度（b）演变

图 7　中、美、英、法、德、日六国基础研究投入占 GDP 比例的演变

国保持着平均 0.28% 的比重。而中国远低于以上国家，虽在稳步提升，但 2017 年也仅达到 0.11% 的水平。

1.2.4 美国、法国、日本与中国基础研究投入强度随 R&D 投入强度的演变

图 8 依次展现了美国、日本、法国与中国 4 国基础研究投入强度随 R&D 投入强度的变化。可见，随着 R&D 投入强度的不断升高，美国的基础研究投入强度一直处于波动上升态势，近年来基本保持在 12%—17%。日本 R&D 投入强度在小于 2.23% 时，其基础研究投入强度变化显著，在 0.2%—16% 间剧烈波动，但总体呈增长势头；而在其 R&D 投入强度大于 2.23% 后，基础研究投入强度稳定在 12.5% 左右。法国的基础研究投入强度居 4 国之首，不论 R&D 投入强度如何变化，其基础研究投入强度长期在 20%—25% 之间波动。

中国自 1991 年以来 R&D 投入强度从 0.72% 增长至 2018 年的 2.18%，但基础研究投入强度则增长缓慢，稳定保持在 4%—6%，远低于以上科技强国，甚至低于美国 60 多年前的水平：1953 年美国 R&D 投入强度为 1.33% 时，其基础研究投入强度为 8.85%。这也反映出我国注重实用性强的应用研究和试验发展，而对基础研究的支持明显不足。在现今我国要跻身创新型国家前列乃至科技强国的新形势下，加大对基础研究的长期稳定投入，是一项必需的科技战略选择。

2 科技强国论文产出与科技领域国际权威奖项获奖情况分析

2.1 基础研究投入强度与研究人员人均发文量分析

基础研究的成果产出大多以学术论文为代表，通过发文量、引文数等来度量一个国家的科学研究水平和影响力，是科技评价研究与实践活动中广泛应用的定量方法[12]。本文首先通过 OECD 官网检索 1990—2018 年中、美、英、德、法、日 6 国 R&D 研究人员数量，以科睿唯安 Web of Science 数据库为论文数据源并检索各国在 1990—2018 年的逐年发文量，以研究人员人均发文量作为衡量各国基础研究强弱的产出计量指标。同时，通过基础科学指标（ESI）数据库统计各国

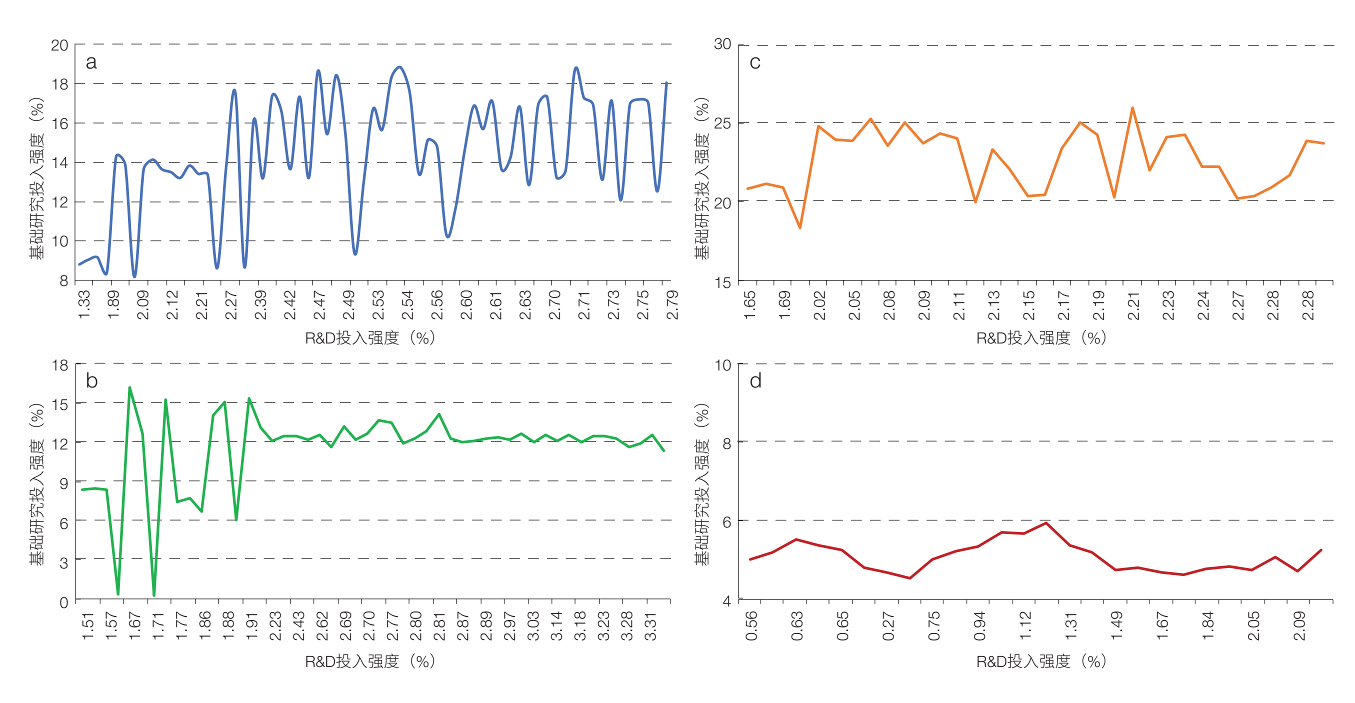


图 8 基础研究投入强度随 R&D 投入强度的演变

（a）美国；（b）日本；（c）法国；（d）中国

论文的篇均被引次数，从产出和影响两方面来考察我国研究成果与科技强国间的差距。

图 9 绘制了科技强国基础研究投入强度及研究人员人均发文量变化趋势，可知：① 美国、法国基础研究投入强度与研究人员人均发文量增减趋势高度相关。其中，美国在 2012—2018 年、法国在 2011—2015 年基础研究投入强度与研究人员人均发文量均趋于稳定。② 虽然英国、德国数据获取有限，但可看出，英国研究人员人均发文量在 2005 年达到最小值，此后一直处于上升趋势，其中 2011—2015 年基础研究投入强度与研究人员人均发文量趋于稳定；德国研究人员人均发文量在 2014 年达到最大值后近几年略微下降。③ 日本基础研究投入强度在 1995 年达到最大值，此后基本维持在 12% 左右，研究人员人均发文量虽有波动，但基本呈缓慢增长趋势。④ 中国过去 30 年来研究人员人均发文量发生非常显著的变化，从1991 年的 0.02 篇增长到 2017 年的 0.26 篇，但仍不及美国的 1/2。中国虽然近年科研产出有了大幅提升，但仍需加大基础研究投入强度，促进基础学科产出更多科研成果。

为进一步横向对比各国基础研究投入强度及研究人员人均发文量的差异，汇总对比了科技强国与中国自 1990 年以来基础研究投入强度及研究人员人均发文量（图 10）。英国研究人员人均发文量居 6 个国家之首，这与英国拥有重视基础研究的科学传统密不可分。美国虽发文总量位居世界第一，但其研究

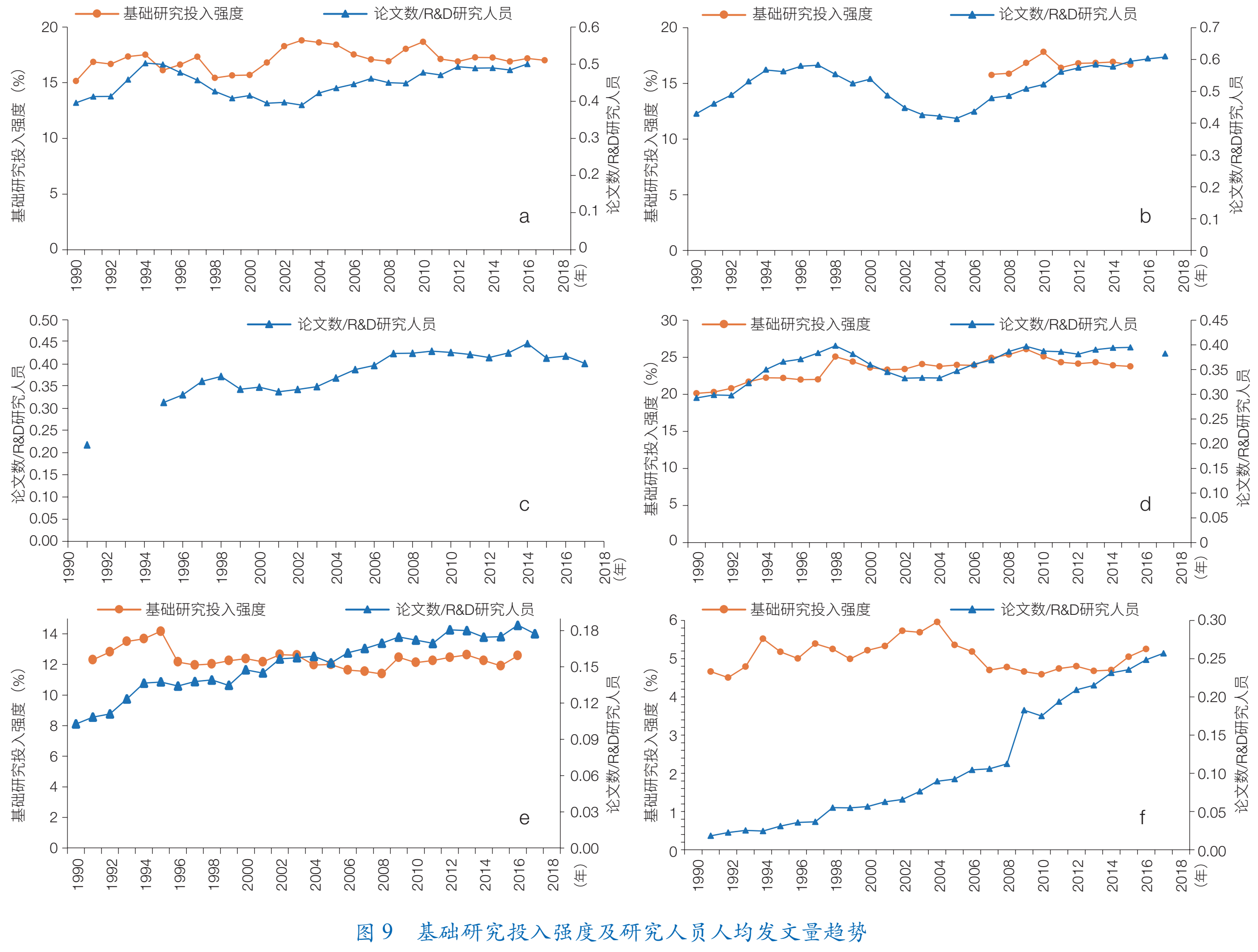


图 9　基础研究投入强度及研究人员人均发文量趋势

（a）美国；（b）英国；（c）德国；（d）法国；（e）日本；（f）中国

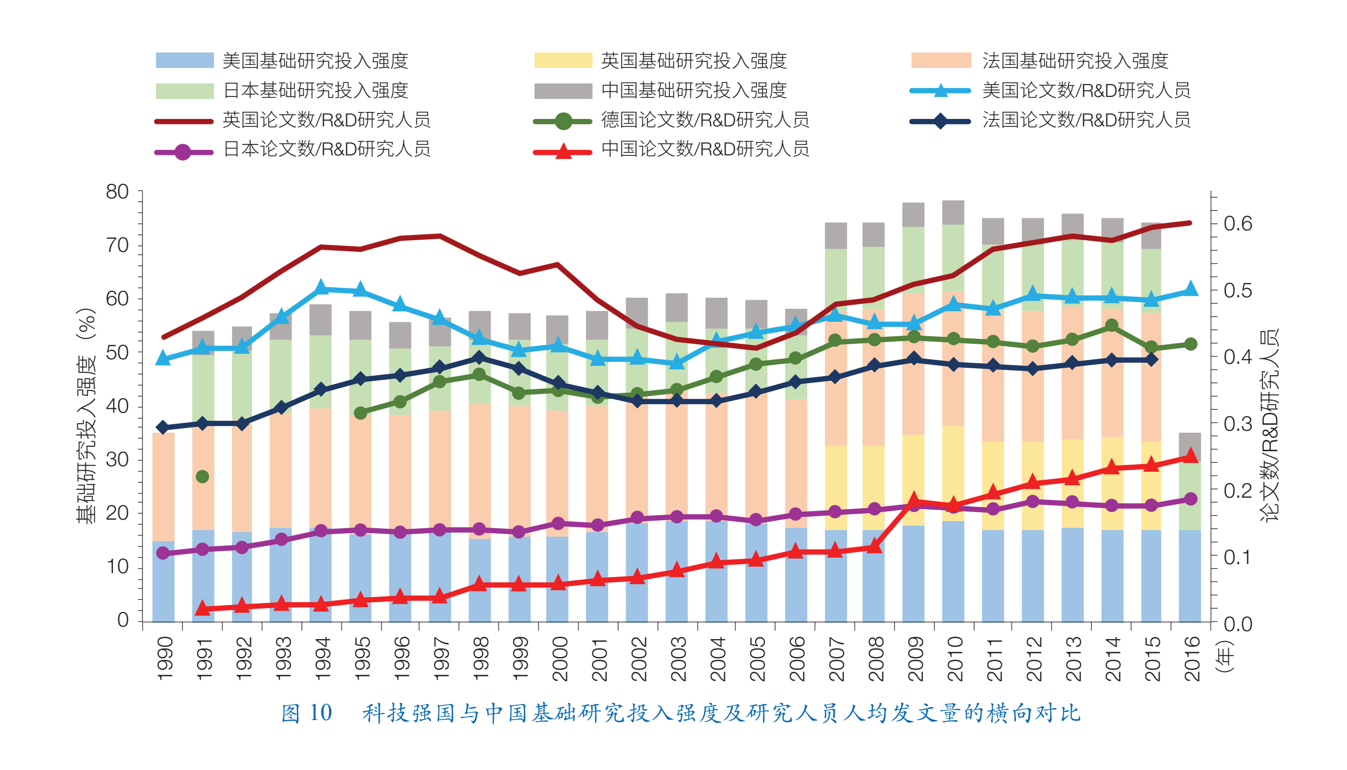


图 10　科技强国与中国基础研究投入强度及研究人员人均发文量的横向对比

人员人均发文量略低于英国。长期以来，德国、法国政府研发支出结构中，基础研究占很大比例。近几年其研究人员人均发文量逐渐趋于稳定。相比而言，中国基础研究投入强度和研究人员人均发文量均远低于其他 5 个国家。通过统计分析 ESI 近 10 年来论文篇均被引次数可知，中国国际论文篇均被引频次为 10.69 次，英国为 18.62 次，美国为 18.08 次，德国为 17.15 次，法国为 16.61 次，日本为 12.51 次。以篇均被引频次反映的论文影响力来看，中国也远低于其他科技强国。这进一步说明我国应重视基础研究在科技发展中的作用，提高基础研究投入强度，合理配置稳定性经费，只有这样才能促进更多原创性高影响力科学发现型成果的产出。

2.2 科技领域国际权威奖项获奖情况分析

本部分主要从科技领域的国际权威奖项和诺贝尔科学奖这两方面展开论述。

2.2.1 科技领域的国际权威奖项

科技领域的国际权威奖项（相应科技领域的诺奖级成果），直接反映科技领域的创新能力。由于国际学术奖项类型多样，为直观了解世界各国在科技领域国际奖项上的表现，综合考虑到各类奖项数据的可获取性、国际知名度及代表性，选取 8 大科技领域——基础前沿交叉、先进材料、能源、生命与健康、海洋、资源生态环境、信息和光电空间，以及综合领域中的 22 项国际科技权威奖项进行定量分析（数据截至 2018 年 12 月）。获奖国家分布情况表明，美籍获奖人数遥遥领先，共有 1 146 人次获奖（55%）；英国、加拿大、法国、德国、俄罗斯、日本依次为获奖者主要来源国；而中国（未含台湾地区）获奖者仅有 12 人次（其中袁隆平 2 次），获奖比例远低于世界主要国家。我国在国际科技权威奖项获奖人数方面，与主要发达国家相比还有很大差距[2]。此外，我国获奖领域主要是生态资源环境等传统学科领域，在发展迅猛的信息、生命等科学领域的获奖很少。

2.2.2 诺贝尔科学奖

诺贝尔科学奖名单中包括了现代科技发展史上最重要的成就，是一个举世瞩目、对世界科学发展具有重要开创意义的奖项。因此，对各国在该奖项上获奖

人数的统计可有效评估每个国家在世界科学领域的顶级成就，也能反映一个国家基础研究的地位与水平。已有研究指出“诺贝尔科学奖授予在基础研究方面取得重大原始创新成果的科学家人数与颁奖总人数之比达到88%，意味着诺贝尔科学奖特别青睐那些在基础研究方面取得重大原始性创新成果的科学精英”[13]。自1901年诺贝尔科学奖开始颁发以来至2018年，按照获奖时获奖者所在国籍统计，美国有294人次获奖，英国、德国、法国、日本分别为86、66、36、17人次，而我国仅有2人获此殊荣[14]。

美国等国在基础研究方面取得一系列突破性成果，相比之下，我国基础研究成果数尚显寥寥。充分的资源投入是保证基础研究的前提，美国等国之所以能取得如此显著的成绩，与长期、持续稳定地重视基础研究密不可分[14-17]。美国长期投入基础研究，形成成熟的研究体制，其论文数、高影响因子论文数、诺贝尔科学奖得奖数一直位于世界第一。英国剑桥大学卡文迪什实验室（物理学系）是世界物理学科学发现的源泉，至2019年诞生了33项诺贝尔奖。马普学会（Max Planck Society）是德国最重要的基础研究机构，多年来专注基础研究，1954—2018年共培养19位诺贝尔奖获得者。据喻明[17]统计发现，英国通过共同设施基金、科学研究投资基金等强化基础研究，以世界1%的人口，投入世界4.5%的科技经费，产出世界8%的科技论文，占据世界9%的论文引用。法国用于基础研究的经费高于其他国家，其论文产出、诺贝尔奖等成果也非常显著。日本持续加大基础研究投入，2015年基础研究投入强度为11.91%，近年来其基础研究经费占GDP的比重稳定在0.39%左右。自2001年制定“诺贝尔奖计划”以来，基本上以平均每年1项的速度斩获诺贝尔科学奖，形成了日本“诺奖现象”。

由于基础研究主要是理论工作，其效果一般是间接的、短期看不到收益的；而我国正处于经济快速发展的时代，故对见效快的应用研究领域投入大，基础研究则有被边缘化的趋势。我国虽GDP总量居全球第二位，但基础研究投入强度及基础研究投入额占GDP的比例远远低于其他五大科技强国。综上，我国需要真正提高对基础研究的重视，增加基础研究投入额，使其更好支持重大科研成果的产出与突破。

3 促进基础研究的科技政策与创新战略

基础研究科技政策与创新战略在国家发展中起着越来越重要的作用[18]，本文从3个方面论述美、英、德、法、日等科技强国促进基础研究的科技政策与创新战略。

3.1 科技强国从国家战略高度重视基础研究

作为科技强国战略基础的科学强国，需要长期不懈地发展科学才能实现。近代科学肇始于欧洲，促进科学发展的科学学会组织和近代大学等均起源于欧洲。英国、法国、德国、美国等科技强国也都有着长期发展科学的历史传统、科学训练和优势基础。

（1）美国。科学国家化以来，西方科技强国在发展现代科学上仍走在前列。1945年万尼瓦尔·布什提交的报告阐明了政府对科学研究进行资助的理由，并提出一个重要观点：基础研究政策将决定国家科学的未来。美国自二战以来关于科学发展的政策非常成功。美国有关科技发展的政策制度，不再赘述。

（2）英国。该国的基础科学在世界上享有盛誉，素有重科学、重基础的传统[19]。世纪之交（1998—2002年），英国相继发布了7份科技创新白皮书，分别为《竞争的未来——实现知识驱动的经济》（1998年）、《科学与创新》（2000年）、《卓越和机遇——21世纪科技创新政策》（2000年）、《企业、技能与创新》（2001年）、《科学与创新战略》（2001年）、《变革世界中的机遇——创业、技能和创新》（2001年）、《为创新投资——科学、工程与技术的发展战略》（2002年），反映出知识经济浪潮

下国家发展对科学与创新的依赖和需求[20]。

（3）德国。基础研究的高水平和高质量是德国赖以保持其科技领先地位的重要资本[21]。1994年底，朱根·吕特格尔新任德国教育与研究部部长，并指出联邦政府将连续支持基础研究[22]。2006年，为保持经济领先全球，德国推出首份国家高科技战略——《德国高科技战略（2006—2009年）》，提出“到2010年R&D投入占GDP的3%”。2010年，制定《思想·创新·增长——德国2020高科技战略》，明确提出量化目标：2015年教育和R&D经费总和占GDP的10%。2014年，《新的高科技战略——创新为德国》旨在稳固德国在科技和经济领域的领先地位[23]。

（4）法国。法国研究与技术部于1989年召开基础研究工作会议，法国时任总统密特朗指出，“不要批评科学研究没有成果，从大量的研究工作中会有新的发现的，科学研究终会有成果的”[24]。2009年发布的《法国国家研究与创新战略（2009—2013年）》指出，“重大发现的历史告诉我们，每一次发现都依赖于高水平基础研究的突破。重新肯定并确保基础研究的中心地位和法国研究体系的学术自由，是政府的强烈意志也是国家研究与创新战略的指导准则”[25]。

（5）日本。20世纪70年代，日本开始逐步增加基础科学研究的比重。1980年，日本确立“技术立国”的科技发展战略，提出要加强基础科学研究[26]。1996年通过的第一期《科学技术基本计划》强调提高创新性的基础研究能力。2001年第二期《科学技术基本计划》提出“诺贝尔奖计划”——要在50年内获得30个诺贝尔奖[27,28]。2016年公布的第五期《科学技术基本计划》提出，将投入26万亿日元用于研发，并强化战略性基础研究[29]。

3.2 以法律和制度保障对基础研究的长期稳定支持

（1）美国。1994年，克林顿政府发布关于科学政策的总统宣言——《科学与国家利益》，指出：“我们必须坚持一个长期的和多样化的投资战略，促进今后几十年的广泛的基础研究”[30]。2006年，布什总统宣布政府投入达1 360亿美元的《美国竞争力计划——引领全球创新》（*American Competitiveness Initiative: Leading the World in Innovation*）[31]，提出两大目标：在基础研究方面领先世界，以及在人才和创造力方面领先世界。2009年，《美国创新战略：创新有助于持续增长和有效就业》成为指导美国科技创新的纲领性文件。随后2011年和2015年，奥巴马政府再发布两份升级版《美国创新战略》，对美国未来科技创新战略作出重大决策部署[32]。

（2）英国。1993年发表的《发掘我们的潜力：科学、工程和技术战略》白皮书，被认为是英国科技政策发展的一个里程碑，是有关英国科技发展方向的纲领性文件，是英国国家科技创新战略启动的标志[33]。2004年发布的《科学与创新投入框架（2004—2014年）》，是英国首次制定的中长期科技发展规划[19]。

（3）德国。2004年，德国与各州政府签订《研究与创新协议》，规定大型研究机构的研究经费在2010年之前，每年保持至少3%的增幅[34]。2012年《科学自由法》使德国的科研活动更具吸引力：非大学研究机构可利用非公共来源的第三方资金吸引高素质研究人员，并可快速采购和建设科研设施[35,36]。

（4）法国。1982年颁布的《科研与技术发展导向与规划法》是法国有史以来的第一部科技法律，把科学技术研究与发展上升到国家战略高度，以立法形式明确：基础、应用和发展研究间的平衡和协调关系。2006年通过的《科研规划法》，首次提出建立“国家创新系统”，大幅度增加科研与创新投入等[37]。

（5）日本。1995年日本出台《科学技术基本法》，明确提出“以科学技术创新立国”，尤其注重和推崇基础研究[18]。此后以5年为周期定期发布的《科学技术基本计划》，作为日本科技计划体系的总

纲，既是实施日本科技立国战略的具体展开，也是制定科学技术创新综合战略等具体政策的重要依据[38]。

3.3 成立科学协会或科学基金会推动科学研究

（1）美国。《科学——无止境的前沿》报告最直观的贡献是促成了1950年美国国家科学基金会（NSF）的建立。在时任美国总统约翰逊“伟大社会”（Great Society）思想影响下，美国政府加大对自然科学基础研究和科学教育的投入[7]。2017财年，NSF年度预算已达75亿美元，其支持自由探索性基础科学研究的明确定位，对促进基础科学研究发挥了至关重要的作用[3]。

（2）英国。英国皇家学会是非政府组织的私人结社，宗旨是为了增加自然知识，包括制造、力学和实验性发现，公认的学会成立时间是1660年11月28日[40]。英国皇家学会的成立极大地促进了科学发展及民众对科学的认知，使得科学成为一种文化和信仰[3]。政府层面，为稳定和整合机构科研支持职能，2016年5月，英国发布《高等教育和研究法案》，决定建立新的“英国研究与创新署”，将原有的7个研究理事会以及英格兰高等教育基金委员会和英国创新署的科研支持职能进行整合。英国研究与创新署于2018年4月正式开始运行，其主要职能是统筹管理英国每年约60亿英镑的科研经费[41]。

（3）德国。马普学会是德国政府资助的全国性学术机构，德国基础研究学科创新的中坚力量，成立于1948年，总部设在慕尼黑。为纪念著名德国量子论创建者、诺贝尔物理学奖获得者马克斯·普朗克，学会冠以此名，其前身是1911年成立的凯撒·威廉皇家学会[42]。学会的主要任务是支持自然科学、生命科学、人文科学和社会科学等领域的基础研究，支持开辟新的研究领域，与高等院校合作并向其提供大型科研仪器[43]。普朗克曾经说过“知识要先于应用”。马普学会一直以来都在遵守着这条规则，它有意识地放弃在所有学科进行全方位研究的“大而全”的策略，而是把资金和科研力量用于以应用为导向的基础性、前瞻性、综合性和交叉性研究，尤其是那些因资金、人员、设备等限制无法在大学开展的研究课题[44]。

4 启示和建议

张志强等[3]在《关于我国建设基础科学研究强国的若干思考》一文中，针对我国加强基础研究已明确提出了8个方面的建议。本文再重点强调4点启示和建议。

4.1 制定长期支持基础研究的国家战略

美、英、德、法、日五大科技强国均通过国家法案、纲领规划或总统宣言等，制定基础研究法律、制度或政策，强调基础研究的重要战略地位，保障基础研究的长期、稳定支持，深远影响国家科学未来。

我国对基础研究和科技发展也有相应的阶段性政策支持，但针对基础研究的长期稳定支持不应是某个阶段的决策，更需要国家法律和制度上的常规性保障。我国亟待制定基础研究原始创新激励战略与实施制度，保障针对基础研究的长期、稳定支持，在国家原始创新方面发挥核心引导作用。

4.2 长期稳定保障基础研究投入强度

世界科技强国都是基础研究投入大国，基础研究投入强度长期普遍处于15%—25%。近年来，中国GDP年增长率基本保持在6%以上，一直处于世界前列。但我国基础研究投入强度长期在5%左右徘徊，投入不足是我国基础研究主要短板之一。

长期而稳定增加基础研究投入强度，是加强基础研究的战略选择。一方面，我国R&D投入强度远低于科技强国，研发投入总量才相当于美国的一半。所以，未来必须继续提高投入强度、增加投入总量。随着我国GDP规模继续扩大，R&D投入强度的增速可能放慢，但必须逐步提升并保持在一定的比例水平之上，以保证相当体量的研发投入总额。考虑到我国的

人口、经济规模和现代化强国建设的需求等，一个可参照的对象是美国。我国要保持与美国相当的研发投入总量，才能为建设科技强国奠定坚实的经济基础。另一方面，我国研发投入的经费结构不尽合理，试验发展经费明显偏重，而基础研究投入比例偏低。这导致我国基础研究的创新力度和知识供给长期乏力，继而导致在基础研究领域与科技强国的差距巨大。因此，在增加研发经费的同时，必须优化经费投入结构，加大基础研究投入强度，基于科技强国基础研究发展的历史经验，应该至少达到15%以上。

在增加基础研究经费投入方面，除了政府财政投入以外，要大力激发企业投入基础研究的积极性，改变我国企业在基础研究中基本上长期不作为的状况，扩大基础研究经费投入来源的多样性。在这方面，美国的企业是我国企业值得学习的榜样。美国的科技型企业特别是前沿技术企业，都高度重视投入前沿基础研究特别是与企业科技创新领域相关的基础研究；而近年来美国政府财政经费的基础研究投入只占基础研究投入的一半左右。

4.3 建设基础科学研究新型卓越创新机构

随着科技领域国家间研发竞赛的加剧，以及科技创新范式深刻变化，需要建设适应科技创新规律的新型卓越创新机构。例如，日本于2007年开始实施“世界顶级国际研究基地形成促进计划”，通过重点、集中的支持，形成以高水平研究人员为核心的世界顶级研究基地；截至2018年底，已支持建设11家顶级研究基地[45]。建设科技强国，一个重要的资助战略选择是，以战略规划为引领，选择基础前沿学科方向；以前沿学科方向为单元，选择国内最优秀的学科团队，不断建立一批学科方向卓越创新中心，给予长期稳定足额研究经费与人员经费支持。要有管理耐心和管理自信，拉长考核评价周期（比如，以五年为一个评价周期，至少滚动支持多个考核评价周期），放手耐心培养基础前沿学科方向的世界单项冠军。现代科学在我国发展的时间还很短，科学传统、科学发现的接续训练等都很有限。要有坚持几十年铸一剑的耐心和自信，总会有一些卓越创新中心有所作为的！

4.4 建设适于基础研究发展和科技强国建设的创新生态

我国科研管理领域还存在比较明显的急功近利的现象，对基础研究这类需要长期积累、难以快速出成果的领域缺乏宽松的科研环境。高水平探索性基础研究其实是“曲高和寡”的，而且只有“慢工才能出细活”。现在盛行的3—5年的资助周期，对于高风险、长周期、低成功率的基础研究来说明显过短。在我国科研成果与研究人员待遇挂钩的机制下，基础研究的低成功率和数十年的成果转化周期使大部分科研人员不得不保守地选择较容易产出成果的应用型科研领域[46]，对基础研究敬而远之。我国本土诺贝尔科学奖数量上的短板正是我国基础研究现状的体现。

因此，与其“临渊羡鱼不如退而结网”，不要焦虑地坐等“偶然性”的诺贝尔奖，要真正创造产出“必然性”诺贝尔奖级科学发现成果的科研环境。当科研环境的量变积累出现质变时，不断出现诺奖级科学成果也就是水到渠成的事情。具体而言，相关建议包括：① 降低评价频次，建立低频次长周期的分类评价机制；② 彻底淡化数量评价，促进基础研究追求质量；③ 建立“科学创新特区”，保障科学家心无旁骛、集中全部精力全时研究。

参考文献

1 Bush V. Science The Endless Frontier. [2019-03-26]. https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm.

2 张志强, 田倩飞, 陈云伟. 科技强国主要科技指标体系比较研究. 中国科学院院刊, 2018, 33(10): 1052-1063.

3 陶诚, 张志强, 陈云伟. 关于我国建设基础科学研究强国的若干思考. 世界科技研究与发展, 2019, 41(1): 1-15.

4 OECD. Basic Research. [2019-03-27]. https://stats.oecd.org/

glossary/detail.asp?ID=192.

5 李菊英. 创新型国家建设视角下强化基础研究路径探析. 知识经济, 2018, 479(21): 16-17.

6 中国科学技术信息研究所. 中国科技论文统计结果-2018中国国际科技论文产出状况. [2019-03-15]. http://bbs.sciencenet.cn/home.php?mod=attachment&filename=2018_2%B9%FA%BC%CA.docx&id=274862.

7 刘云, 安菁, 陈文君, 等. 美国基础研究管理体系、经费投入与配置模式及对我国的启示. 中国基础科学, 2013, 15(3): 42-52.

8 国家统计局, 科技部, 国家发展和改革委, 等. 第二次全国科学研究与试验发展（R&D）资源清查主要数据公报（第一号）. [2019-03-25]. http://www.most.gov.cn/tztg/201011/P020101122398029257112.pdf.

9 耿庆中. 自主创新背景下基础研究强度分析——基于典型创新型国家的实证研究. 中国科技论坛, 2007, (12): 21-25.

10 国家统计局, 科学技术部, 财政部. 2018年全国科技经费投入统计公报. [2019-08-30]. http://www.gov.cn/shuju/2019-08/30/content_5425835.htm.

11 吴啸浪. 我国科技研发经费投入强度再创新高. [2019-03-27]. http://www.gov.cn/xinwen/2018-10/10/content_5329105.htm.

12 贺德方. 中国高影响力论文产出状况的国际比较研究. 中国软科学, 2011, (9): 94-99.

13 陈其荣. 诺贝尔自然科学奖与基础研究. 上海大学学报（社会科学版）, 2013, 30(6): 80-104.

14 门伟莉, 张志强. 机构属性的诺贝尔科学奖获奖规律研究. 情报学报, 2019, 38(9): 907-920.

15 邱举良, 方晓东. 建设独立自主的国家科技创新体系——法国成为世界科技强国的路径. 中国科学院院刊, 2018, 33(5): 493-501.

16 周家伦. 德国科研体制与科技队伍的建设. 德国研究, 2001, 16(1): 51-54.

17 喻明. 英国基础研究方面的重大政策调整和优先发展领域. 中国基础科学, 2002, (2): 53-58.

18 贺德方, 唐玉立, 周华东. 科技创新政策体系构建及实践. 科学学研究, 2019, 37(1): 3-10.

19 中国科学技术发展战略研究院课题组, 孙福全. 国内外科技治理比较研究. 科学发展, 2017, (6): 34-44.

20 刘云, 陶斯宇. 基础科学优势为创新发展注入新动力——英国成为世界科技强国之路. 中国科学院院刊, 2018, 33(5): 484-492.

21 黄群. 德国最新科学政策和发展战略重点. 科学学研究, 1998, 16(3): 67-71.

22 黄斌. 德国建立新的“未来部”——寻求将教育与科学联系起来. 世界科技研究与发展, 1995, 17(1): 61.

23 翁锦玉, 李金惠. 德国近期科技创新战略举措分析及对广东的启示. 特区经济, 2017, (8): 42-46.

24 王绍祺. 法国的科技政策及主要科技领域. 国际科技交流, 1990, (9): 3-8.

25 周晓芳. 法国国家研究与创新战略要点（上）. 科技政策与发展战略新材料产业, 2010, (11): 62-64.

26 张家治, 毛建儒. 我国需要加强基础科学研究. 科学学研究, 1991, (3): 72-80.

27 胡智慧, 王溯. “科技立国”战略与“诺贝尔奖计划”——日本建设世界科技强国之路. 中国科学院院刊, 2018, 33(5): 520-526.

28 李宁. 发达国家基础研究策略对我国的启示. 市场研究, 2018, 470(6): 18-19.

29 邓元慧. 日本建立科技强国的轨迹和发展战略. 今日科苑, 2018, (2): 35-46.

30 耿殿明, 张兆响, 边士东. 美、英、德、韩四国基础研究体系的比较与启示. 研究与发展管理, 1998, (5): 57-60.

31 US Domestic Policy Council. American Competitiveness Initiative: Leading the World in Innovation[EB/OL]. [2019-03-25]. https://georgewbush-whitehouse.archives.gov/stateoftheunion/2006/aci/aci06-booklet.pdf.

32 Executive Office of the President, National Economic Council,

Office of Science and Technology Policy. a strategy for american innovation:driving towards sustainable growth and quality jobs (2009). [2009-08-05]. http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED511653.pdf.

33 吴波. 英国国家科技创新政策的战略规划. 世界科技研究与发展, 2009, 31(2): 380-384.

34 陈强, 霍丹. 德国创新驱动发展的路径及特征分析. 德国研究, 2013, 28(4): 86-100.

35 于慎澄. 德国创新驱动战略的发展路径. 政策瞭望, 2016, (10): 49-50.

36 朱荪远. 德国科技创新法律. [2019-03-01]. http://www.istis.sh.cn/list/list.aspx?id=10603.

37 黄宁燕, 孙玉明. 法国创新历史对我国创新型国家创建的启示. 中国软科学, 2009, (3): 89-99.

38 邱丹逸, 袁永. 日本科技创新战略与政策分析及其对我国的启示. 科技管理研究, 2018, (10): 59-66.

39 刘一鸣, 石海明. 范内瓦 · 布什: 奠定美国科技霸权的预言家. 军事文摘, 2015, (19): 76-79.

40 冉奥博, 王蒲生. 英国皇家学会早期历史及其传统形成. 自然辩证法研究, 2018, 34(6): 75-79.

41 谷峻战, 姜桂兴. 英国政府科学研究投入、布局与管理. 全球科技经济瞭望, 2017, 32(Z1): 33-42.

42 王洪奇. 马克斯 · 普朗克学会的历史、结构及其功能. 学会, 1990, (6): 39-40.

43 卞松保, 柳卸林. 国家实验室的模式、分类和比较——基于美国、德国和中国的创新发展实践研究. 管理学报, 2011, 8(4): 567-576.

44 朱崇开. 德国基础科学研究的中坚力量——马普学会. 学会, 2010, (3): 56-62.

45 惠仲阳. 日本新增2家世界顶级国际研究基地（WPI）. [2019-03-25]. http://www.casisd.cn/zkcg/ydkb/kjzcyzxkb/kjzczxkb2019/kjzczxkb201901/201901/t20190111_5228103.html.

46 邓衢文, 刘敏, 黄敏聪, 等. 我国及世界科技强国的基础研究经费投入特点与启示. 世界科技研究与发展, 2019, 41(2): 137-147.

"Input-Output-Policy" Analysis on Basic Research of Scientific and Technological Powers and Its Enlightenment to China

TIAN Qianfei　ZHANG Zhiqiang*　REN Xiaoya　ZHANG Xue

(1 Chengdu Library and Information Center, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;

2 Department of Library, Information and Archives Management, School of Economics and Management, University of Chinese Academy Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract Basic research is the theoretical and knowledge source of all science and technology, the basis of applied research and experimental development, and plays an important role in national development and technological progress. This study takes five major scientific and technological powers (the United States, United Kingdom, Germany, France, Japan) as the analysis object, "input-output-science and technology policy" as the analysis framework, compares from the intensity of scientific research input, especially the intensity of basic research input long-term time series trend analysis, to scientific research paper published, scientific research field international authoritative awards and the Nobel award, as well as the supportive policies and innovation policies of basic research of the scientific and technological powers. Analysis shows that the scientific and technological powers attach great importance to basic

* Corresponding author

research, and its basic research investment intensity has been more than 10% in a long time. High investment in basic research has laid the foundation for major research outputs. Finally, this study puts forward some enlightenment suggestions for China to strengthen basic research and build a strong scientific and technological power.

Keywords basic research, scientific and technological power, intensity of investment, scientific output, innovation policies



田倩飞 中国科学院成都文献情报中心副研究员，中国科学院大学经济与管理学院图书情报与档案管理系博士研究生。2015年下半年，任美国北卡格林斯伯勒分校教育学院访问学者；2019年，任第八届知识与教育技术国际会议（ICKET 2019）技术评审组成员。已发表中、英文学术论文45篇，参编著作7部，（执行）负责省部级项目5项。主要研究领域为：信息科技战略情报研究、科学计量与科技政策分析。E-mail: tqf@clas.ac.cn

TIAN Qianfei Associate Professor at Chengdu Library and Information Center, Chinese Academy of Sciences (CAS), Doctoral student at Department of Library, Information and Archives Management, School of Economics and Management, University of Chinese Academy Sciences. In the second half of year 2015, she visited Education College, University of North Carolina at Greensboro. In 2019, she served as a member of technical review board for the 8th International Conference on Knowledge and Education Technology (ICKET 2019). She has published 45 academic papers, participated in publication of 7 books, and been in charge of 5 provincial and ministerial projects. Her research areas cover IT strategic research, scientometircs, and S&T policy analysis. E-mail: tqf@clas.ac.cn



张志强 中国科学院成都文献情报中心主任，研究员、博士、博士生导师，中国科学院特聘核心研究员。“新世纪百千万人才工程”国家级人选，四川省千人计划入选者，四川省委省政府第三届决策咨询委员会委员。独立或合作出版专著（编著）20部、出版译著13部、发表论文400余篇。获得省部级科技进步奖、社会科学优秀成果奖等科技成果奖励18项。主要研究领域：科技战略与规划、科技政策与管理、情报学理论方法与应用、生态经济学与可持续发展等。E-mail: zhangzq@clas.ac.cn

ZHANG Zhiqiang Professor, Ph.D., doctorial tutor, Director of Chengdu Library and Information Center, Chinese Academy of Sciences (CAS), and candidate of the New Century National Talents Project, Thousand Talents Program Awardee of Sichuan Province, Member of the Third Advisory Committee for Decision-making of Sichuan Province. His major research fields are strategic planning for scientific and technologic development, scientific policy and research management, methods and applications of information analysis, ecological economics, and sustainable development. He has published more than 400 articles, independently and collaborately authored 20 books, and translated 13 books. He has also achieved 18 ministry level awards. E-mail: zhangzq@clas.ac.cn

■责任编辑：岳凌生

参考文献（双语版）

1 Bush V. Science The Endless Frontier. [2019-03-26]. https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm.

2 张志强, 田倩飞, 陈云伟. 科技强国主要科技指标体系比较研究. 中国科学院院刊, 2018, 33(10): 1052-1063.

Zhang Z Q, Tian Q F, Chen Y W. Research on main scientific and technological indicators of science and technology power. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2018, 33(10): 1052-1063. (in Chinese)

3 陶诚, 张志强, 陈云伟. 关于我国建设基础科学研究强国的若干思考. 世界科技研究与发展, 2019, 41(1): 1-15.

Tao C, Zhang Z Q, Chen Y W. Few opinions on building the basic science research power of China. World Sci-Tech R&D, 2019, 41(1): 1-15. (in Chinese)

4 OECD. Basic Research. [2019-03-27]. https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=192.

5 李菊英. 创新型国家建设视角下强化基础研究路径探析. 知识经济, 2018, 479(21): 16-17.

Li J Y. On the path of strengthening basic research from the perspective of building an innovative country. Knowledge Economy, 2018, 479(21): 16-17. (in Chinese)

6 中国科学技术信息研究所. 中国科技论文统计结果—2018中国国际科技论文产出状况. [2019-03-15]. http://bbs.sciencenet.cn/home.php?mod=attachment&filename=2018_2%B9%FA%BC%CA.docx&id=274862.

Institute of Scientific and Technical Information of China. Statistics of S&T papers produced by China: China's international S&T papers in 2018. [2019-03-15]. http://bbs.sciencenet.cn/home.php?mod=attachment&filename=2018_2%B9%FA%BC%CA.docx&id=274862. (in Chinese)

7 刘云, 安菁, 陈文君, 等. 美国基础研究管理体系、经费投入与配置模式及对我国的启示. 中国基础科学, 2013, 15(3): 42-52.

Liu Y, An J, Chen W J, et al. Management system, fund input and allocation patterns of U.S. basic research and its apocalypse to China. China Basic Science, 2013, 15(3): 42-52. (in Chinese)

8 国家统计局, 科技部, 国家发展和改革委, 等. 第二次全国科学研究与试验发展（R&D）资源清查主要数据公报（第一号）. [2019-03-25]. http://www.most.gov.cn/tztg/201011/P020101122398029257112.pdf.

National Bureau of Statistics, Ministry of Science and Technology, National Development and Reform Commission of China, et al. Bulletin of main data of the second national R&D resources inventory (No. 1). [2019-03-25]. http://www.most.gov.cn/tztg/201011/P020101122398029257112.pdf. (in Chinese)

9 耿庆申. 自主创新背景下基础研究强度分析——基于典型创新型国家的实证研究. 中国科技论坛, 2007, (12): 21-25.

Geng Q S. Intensity analysis of basic research in the context of independent innovation—An empirical study based on typical innovative countries. China Science and Technology Forum, 2007, (12): 21-25. (in Chinese)

10 国家统计局, 科学技术部, 财政部. 2018年全国科技经费投入统计公报. [2019-08-30]. http://www.gov.cn/shuju/2019-08/30/content_5425835.htm.

National Bureau of Statistics, Ministry of Science and Technology, Ministry of Finance. 2018 National Science and Technology Funding Statistical Bulletin. [2019-08-30]. http://www.gov.cn/shuju/2019-08/30/content_5425835.htm. (in Chinese)

11 吴啸浪. 我国科技研发经费投入强度再创新高. [2019-03-27]. http://www.gov.cn/xinwen/2018-10/10/content_5329105.htm.

Wu X L. China's science and technology R&D investment intensity hit a new high. [2019-03-27]. http://www.gov.cn/xinwen/2018-10/10/content_5329105.htm. (in Chinese)

12 贺德方. 中国高影响力论文产出状况的国际比较研究. 中国软科学, 2011, (9): 94-99.
He D F. International comparative study on output conditions of China's high-impact papers. China Soft Science, 2011, (9): 94-99. (in Chinese)

13 陈其荣. 诺贝尔自然科学奖与基础研究. 上海大学学报（社会科学版）, 2013, 30(6): 80-104.
Chen Q R. Nobel natural science prize and basic research. Journal of Shanghai University (Social Sciences Edition), 2013, 30(6): 80-104. (in Chinese)

14 门伟莉, 张志强. 机构属性的诺贝尔科学奖分布规律研究. 情报学报, 2019, 38(9): 907-920.
Men W L, Zhang Z Q. Research on the Nobel Prize in science based on institutional attributes. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2019, 38(9): 907-920. (in Chinese)

15 邱举良, 方晓东. 建设独立自主的国家科技创新体系——法国成为世界科技强国的路径. 中国科学院院刊, 2018, 33(5): 493-501.
Qiu J L, Fang X D. Construct independent national S&T innovation system—French way to world S&T power. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2018, 33(5): 493-501. (in Chinese)

16 周家伦. 德国科研体制与科技队伍的建设. 德国研究, 2001, 16(1): 51-54.
Zhou J L. German scientific research system and the construction of scientific and technological team. Deutschland-Studien, 2001, 16(1): 51-54. (in Chinese)

17 喻明. 英国基础研究方面的重大政策调整和优先发展领域. 中国基础科学, 2002, (2): 53-58.
Yu M. Major policy adjustments and priority development areas in basic research in Britain. China Basic Science, 2002, (2): 53-58. (in Chinese)

18 贺德方, 唐玉立, 周华东. 科技创新政策体系构建及实践. 科学学研究, 2019, 37(1): 3-10.
He D F, Tang Y L, Zhou H D. Construction and practice of the system of science technology and innovation policies. Studies in Science of Science, 2019, 37(1): 3-10. (in Chinese)

19 中国科学技术发展战略研究院课题组, 孙福全. 国内外科技治理比较研究. 科学发展, 2017, (6): 34-44.
China Academy of Science and Technology for Development, Sun F Q. Comparative research on domestic and foreign S&T governance. Scientific Development, 2017, (6): 34-44. (in Chinese)

20 刘云, 陶斯宇. 基础科学优势为创新发展注入新动力——英国成为世界科技强国之路. 中国科学院院刊, 2018, 33(5): 484-492.
Liu Y, Tao S Y. Basic science advantage instills new power for innovative development—Way of United Kingdom becoming world's scientific and technological power. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2018, 33(5): 484-492 (in Chinese)

21 黄群. 德国最新科学政策和发展战略重点. 科学学研究, 1998, 16(3): 67-71.
Huang Q. Germany's latest science policy and development strategy focus. Studies in Science of Science, 1998, 16(3): 67-71. (in Chinese)

22 黄斌. 德国建立新的“未来部”——寻求将教育与科学联系起来. 世界科技研究与发展, 1995, 17(1): 61.
Huang B. Germany establishes a new “future department”—seeking to link education with science. World Sci-Tech R&D, 1995, 17(1): 61. (in Chinese)

23 翁锦玉, 李金惠. 德国近期科技创新战略举措分析及对广东的启示. 特区经济, 2017, (8): 42-46.
Weng J Y, Li J H. Analysis on German scientific and technological innovation strategy and its enlightenment to Guangdong. Special Zone Economy, 2017, (8): 42-46. (in Chinese)

24 王绍祺. 法国的科技政策及主要科技领域. 国际科技交流,

1990, 5(9): 3-8.
Wang S Q. S&T policy and main S&T fields in France. International Science and Technology Exchange, 1990, 5(9): 3-8. (in Chinese)
25 周晓芳. 法国国家研究与创新战略要点（上）. 科技政策与发展战略新材料产业, 2010, (11): 62-64.
Zhou X F. Main points of French national research and innovation strategy (I). Science and Technology Policy and Development Strategy New Materials Industry, 2010, (11): 62-64. (in Chinese)
26 张家治, 毛建儒. 我国需要加强基础科学研究. 科学学研究, 1991, 9(3): 72-80.
Zhang J Z, Mao J R. China needs to strengthen basic scientific research. Studies in Science of Science, 1991, 9(3): 72-80. (in Chinese)
27 胡智慧, 王溯. “科技立国”战略与“诺贝尔奖计划”——日本建设世界科技强国之路. 中国科学院院刊, 2018, 33(5): 520-526.
Hu Z H, Wang S. “Constructing Nation via S&T Strategy” and “Nobel Prizes Planning”—Japanese way to world S&T power. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2018, 33(5): 520-526. (in Chinese)
28 李宁. 发达国家基础研究策略对我国的启示. 市场研究, 2018, (6): 8-9.
Li N. Enlightenment of basic research strategies of developed countries to China. Marketing Research, 2018, (6): 8-9. (in Chinese)
29 邓元慧. 日本建立科技强国的轨迹和发展战略. 今日科苑, 2018, (2): 35-46.
Deng Y H. Japan’s trajectory and development strategy for building a science and technology power. Modern Science, 2018, (2): 35-46. (in Chinese)
30 耿殿明, 张兆响, 边士东. 美、英、德、韩四国基础研究体系的比较与启示. 研究与发展管理, 1998, 10(5): 57-60.
Geng D M, Zhang Z X, Bian S D. Comparison and enlightenment of basic research systems in the USA, UK, Germany and Korea. R&D Management, 1998, 10(5): 57-60. (in Chinese)
31 US Domestic Policy Council. American Competitiveness Initiative: Leading the World in Innovation. [2019-03-25]. https://georgewbush-whitehouse.archives.gov/stateoftheunion/2006/aci/aci06-booklet.pdf.
32 Executive Office of the President, National Economic Council, Office of Science and Technology Policy. A strategy for american innovation:driving towards sustainable growth and quality jobs (2009). [2009-08-05]. http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED511653.pdf.
33 吴波. 英国国家科技创新政策的战略规划. 世界科技研究与发展, 2009, 31(2): 380-384.
Wu B. The strategic program of the British national science and technology innovation policy. World Sci-Tech R&D, 2009, 31(2): 380-384. (in Chinese)
34 陈强, 霍丹. 德国创新驱动发展的路径及特征分析. 德国研究, 2013, 28(4): 86-100.
Chen Q, Huo D. Analyse des wegs und der merkmale der durch innovation angetriebenen entwicklung deutschlands. Deutschland-Studien, 2013, 28(4): 86-100. (in Chinese)
35 于慎澄. 德国创新驱动战略的发展路径. 政策瞭望, 2016, (10): 49-50.
Yu S C. The development path of German innovation-driven strategy. Policy Outlook, 2016, (10): 49-50. (in Chinese)
36 朱莽远. 德国科技创新法律. [2019-03-01]. http://www.istis.sh.cn/list/list.aspx?id=10603.
Zhu S Y. German science and technology innovation law. [2019-03-01]. http://www.istis.sh.cn/list/list.aspx?id=10603. (in Chinese)
37 黄宁燕, 孙玉明. 法国创新历史对我国创新型国家创建的启示. 中国软科学, 2009, (3): 89-99.

Huang N Y, Sun Y M. Analysis on French history in innovation for the creation of innovative country of China. China Soft Science, 2009, (3): 89-99. (in Chinese)

38 邱丹逸, 袁永. 日本科技创新战略与政策分析及其对我国的启示. 科技管理研究, 2018, 38(12): 59-66.

Qiu D Y, Yuan Y. Analysis of Japan's science and technology innovation strategy and policy and its enlightenment to China. Science and Technology Management Research, 2018, 38(12): 59-66. (in Chinese)

39 刘一鸣, 石海明. 范内瓦 · 布什: 奠定美国科技霸权的预言家. 军事文摘, 2015, (19): 76-79.

Liu Y M, Shi H M. Vannevar Bush: the pioneer who set America's technological hegemony. Military Digest, 2015, (19): 76-79. (in Chinese)

40 冉奥博, 王蒲生. 英国皇家学会早期历史及其传统形成. 自然辩证法研究, 2018, 34(6): 75-79.

Ran A B, Wang P S. The early history and the tradition of the royal society. Studies in Dialectics of Nature, 2018, 34(6): 75-79. (in Chinese)

41 谷峻战, 姜桂兴. 英国政府科学研究投入、布局与管理. 全球科技经济瞭望, 2017, 32(S1): 33-42.

Gu J Z, Jiang G X. Government scientific research investment, layout and management in UK. Global Science, Technology and Economy Outlook, 2017, 32(S1): 33-42. (in Chinese)

42 王洪奇. 马克斯 · 普朗克学会的历史、结构及其功能. 学会, 1990, (6): 39-40.

Wang H Q. The history, structure and function of the Max Planck Society. Society, 1990, (6): 39-40. (in Chinese)

43 卞松保, 柳卸林. 国家实验室的模式、分类和比较——基于美国、德国和中国的创新发展实践研究. 管理学报, 2011, 8(4): 567-576.

Bian S B, Liu X L. The comparison study of national laboratories in European, American, and Chinese models and classification. Chinese Journal of Management, 2011, 8(4): 567-576. (in Chinese)

44 朱崇开. 德国基础科学研究的中坚力量——马普学会. 学会, 2010, (3): 56-62.

Zhu C K. The main force of basic scientific research in Germany—Max Planck Society. Society, 2010, (3): 56-62. (in Chinese)

45 惠仲阳. 日本新增2家世界顶级国际研究基地（WPI）. [2019-03-25]. http://www.casisd.cn/zkcg/ydkb/kjzcyzxkb/kjzcxkb2019/kjzcxkb201901/201901/t20190111_5228103.html.

Hui Z Y. Japan added two more research centers in its World Premier International Research Center Initiative (WPI). [2019-03-25]. http://www.casisd.cn/zkcg/ydkb/kjzcyzxkb/kjzcxkb2019/kjzcxkb201901/201901/t20190111_5228103.html. (in Chinese)

46 邓衢文, 刘敏, 黄敏聪, 等. 我国及世界科技强国的基础研究经费投入特点与启示. 世界科技研究与发展, 2019, 41(2): 137-147.

Deng Q W, Liu M, Huang M C, et al. Characteristics and inspirations of basic research funding in China and world science and technology Powers. World Sci-Tech R&D, 2019, 41(2): 137-147. (in Chinese)